

量子コンピューターの候補デバイス P-doped Si の磁気共鳴

京都大学大学院医学研究科 上野 智弘

1. はじめに

現在提案されている量子コンピューターの中で、量子ビット数、個別アクセスの観点から最も現実性の高いものは B. Kane の提唱した P-doped Si の超微細相互作用を利用したものである[1]。本共同研究では福井大学での先行研究[2]により存在が示唆された動的核偏極(DNP)を用い、絶縁体領域にある希薄 P-doped Si サンプルについて、磁気共鳴法を用いて、キュビットとなる核スピンおよび電子スピンの極低温・強磁場域でのダイナミクスを調べることが主たる目的である。

昨年度は電子スピン共鳴(ESR)と核磁気共鳴(NMR)の二重共鳴が可能なプローブを作成して測定を行った[3]。さらに広い磁場域での測定が必要であることが分かったので、強磁場・超低温 ESR 測定が可能なフィンランド・トゥルク大学との共同研究も開始し、そのデータをあわせて解析した。

2. 研究手法

DNP によって偏極した核スピンの緩和過程を ESR スペクトルの時間変化として観測する。トゥルク大学を訪問し、約 4.6 T の強磁場下で 0.8~5 K において ESR 測定を行った。得られた核スピン-格子緩和率 $1/T_1$ の温度変化のデータについて統一的な解釈を試みた。

3. 結果と考察

トゥルク大学での結果と昨年度末の報告[3]に、van Tol らの 8.6 T, 2 K 以上での報告[4]を合わせてプロットしたものを図 1 に示す。図中の点線は、核スピンの位置につくられる揺らぎが、電子スピンのゼーマンエネルギーを超える熱励起によって生じると仮定して得られる式を、実験結果にフィットさせたものである。このとき、フィッティングパラメータは $1/T_1$ の定数倍を与える係数のみであり、傾きはゼーマンエネルギーによって一意に決まる。核スピンの緩和過程が電子スピンのゼーマンエネルギーギャップの熱励起揺らぎによって支配されていることが示唆される。

今後さらに超低温域における測定を広い磁場範囲で測定することにより、より詳細に核スピンのダイナミクスを明らかにすることができると期待される。これらの情報は、動的核偏極(DNP)効果を用いて核スピン偏極を大きくするためのパラメータとなる。この DNP 効果を利用して ^{31}P -NMR 信号を直接観測することを目指している。

参考文献

- [1] B. Kane, *Nature* **393**, 133 (1998)
- [2] M. Song *et al.*, *J. Phys.: Condens. Matter* **22**, 206001 (2010)
- [3] 上野ら, 遠赤外領域開発研究 **13** (2012) 136
- [4] J. van Tol *et al.*, *Appl. Magn. Reso.* **39**, 259 (2009)

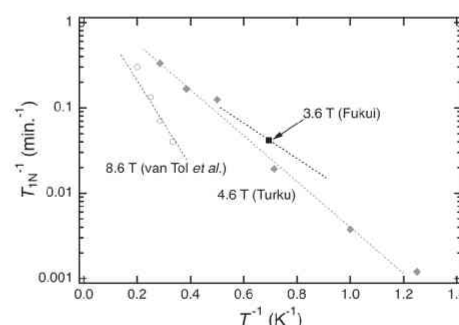


図 1 強磁場での ^{31}P 核スピン緩和の様子